

## EQUIPAMIENTO PARA LA DISCAPACIDAD: PROPUESTA DE UN BIPEDESTADOR ELÉCTRICO INFANTIL

Nelson Aros Oñate

Marcela Aros Beltran

*Universidad de La Frontera (Chile)*

### Abstract

The aim of this paper is to make the analysis the design for electrical infantile stander, focusing primarily on ergonomics that gives users. As a first instance has been information gathering of secondary sources for the collecting background of the current state of the standing devices, mostly based on catalogs of magazines, websites, theses, among others; thus was detected that much of the products offered on the market are static and do not allow independent displacement, was find some exceptions, but the actual access to them, a large segment of the population, was hamper due to their high costs which demand a huge investment.

As a result it expects to achieve the proposed low-cost design for a dynamic infantile stander that allows the displacement through an electrical mechanism. Thus get greater autonomy to the user, since the achievement of upright posture, is a psychomotor important milestone for the child, which has important implications for the possibility of visual control, social contact and active integration in the environment.

**Keywords:** *child stander; ergonomics; independent displacement.*

### Resumen

El propósito de este trabajo es realizar el análisis de diseño para un bipedestador eléctrico infantil, centrado principalmente en la ergonomía que ofrece al usuario. Como primera instancia se ha llevado a cabo el levantamiento de información de fuentes de carácter secundario para recoger antecedentes del estado actual de los bipedestadores, basados principalmente en catálogos de revistas, páginas web, tesis de grado, entre otras; con lo cual se ha detectado que la gran parte de los productos ofertados en el mercado son estáticos y no permiten el desplazamiento autónomo, encontrándose algunas excepciones, pero las posibilidades reales de acceso a ellas, de un vasto segmento de la población, se ven obstaculizadas debido a sus elevados costos que demandan una gran inversión.

Como resultado se espera conseguir en la propuesta un diseño de bajo costo para un bipedestador infantil dinámico, que permita el desplazamiento a través de un mecanismo eléctrico. De esta manera otorgar una mayor autonomía al usuario, ya que el logro de la postura erguida, es un importante hito psicomotor para el niño, que conlleva importantes consecuencias en cuanto a la posibilidad de control visual, al contacto social y la integración activa del entorno.

**Palabras clave:** *bipedestador infantil; ergonomía; desplazamiento autónomo*

### 1. Introducción

“El origen de la bipedestación es el origen del hombre. Dos millones de años antes que de que el ser humano fuese hábil, camino bípedo, ¿qué motivo este cambio? Son numerosas

las hipótesis que han intentado desvelar este enigma” (Nuñez-Samper & Llanos, 2007). Sin embargo, en Chile la discapacidad de movilidad es una de las más frecuentes que afecte a la población, aproximadamente 350 mil personas, de las cuales el 8,6% es menor de 20 años (CASEN, 2006). Cuando hablamos de trastornos o déficits motrices nos referimos a personas que presentan problemas en la ejecución de sus movimientos, en su motricidad en general, independientemente de la causa desencadenante. Dentro de las causas de discapacidad motora infantil en Chile la más frecuente es la parálisis cerebral, otras son las distrófias musculares y polineuropatías congénitas. Todos estos niños y sus familias tienen un deterioro importante de su calidad de vida debido, en el niño a falta de autonomía, depresión y dolor físico, y en la familia por disfunción, depresión y empobrecimiento (Reyes, 2005).

La bipedestación tiene importantes implicaciones psicológicas y fisiológicas para el desarrollo del niño (Tabla 1). La verticalidad mejora la atención y facilita las interacciones sociales, poniendo al niño al nivel de los ojos con sus compañeros y adultos (Cares, 2005). Dentro de los beneficios médicos se puede expresar una reducción de la descalcificación u osteoporosis, debido a que el cuerpo humano está preparado fisiológicamente para adoptar una posición bípeda, si esta posición no se asume frecuentemente, los huesos se debilitan y en consecuencia se descalcifican. La osteoporosis afecta a más del 60% de estos niños y al menos un 26% a los 10 años ha tenido una fractura. El 44% de los niños deambulantes, después de una fractura de extremidades inferiores, no recupera la capacidad de caminar (Reyes, 2005). La posición vertical del cuerpo implica cierto trabajo para los músculos de las piernas, reduciéndose con ello la aparición de espasmos y contracciones musculares, lo cual ayuda a prevenir la atrofia muscular. También se mejora la circulación sanguínea, debido a que el riego sanguíneo se ve estimulado por el movimiento muscular. Como resultado de adoptar la posición bípeda, el sistema cardiovascular se fortalece y se reduce la inflamación de las extremidades inferiores, además, ayuda a reducir las lesiones derivadas de la posición sedente, entre ellas, la aparición de úlceras o llagas ocasionadas por la presión (León, 2005)

**Tabla1: beneficios de la posición bípeda. (Cares, 2005)**

Físicos	Funcional	Psicológicos
Alivia: la presión de los músculos función de la vesícula contracturas musculares respiración Actividad circulatoria	Otorga integración en: Escuela Tiempo libre Casa Terapia Vida diaria	Mejora: Independencia Autoestima Comunicación Interacción ojo a ojo. Calidad de vida

La tendencia actual y hacia donde apunta la investigación en los campos de la rehabilitación de personas con discapacidades motrices, es la de desarrollar ayudas para la movilidad basadas en soluciones tecnológicas avanzadas con origen en la robótica y la automatización electrónica (Cárdenas, 2007). La actual oferta de productos para la discapacidad es amplia, sin embargo en nuestro país, las posibilidades reales de acceso a ellas de un vasto segmento de la población, se ven obstaculizadas debido a sus elevados costos. Por otro lado, el complejo de necesidades para la discapacidad, nos llega resuelto desde países industrializados proviene en mayor porcentaje de Norteamérica y Europa, con los sabidos altos costos y patrones antropométricos distintos a los nuestros; se suma a esto, las dificultades de adquirirlos, en el mantenimiento y reparación de ellos, es decir, nuestra región no es capaz de satisfacer la demanda de aquel segmento de la población que tiene algún grado de discapacidad y que según la organización mundial de la salud es un 7.5 a un

10 % de la población total de los países en desarrollo (Beckers, 2001). En consecuencia en Chile alrededor de 40.000 habitantes no son atendidos en sus requerimientos para lograr una real integración (Cárdenas, 2007).

## 2. Objetivos General

Desarrollar un prototipo móvil para un bipedestador infantil a través de un sistema eléctrico que le otorgue mayor autonomía al usuario en su desplazamiento.

### 2.1 Objetivos Específicos

Conocer los artefactos presentes en el mercado que permitan la posición bípeda, con el fin de establecer dimensiones y requerimientos terapéuticos.

Lograr una propuesta que este acorde con en el contexto local en términos de procesos productivos y tecnología existente.

## 3. Antecedentes

En el siguiente apartado incluye información sobre los dispositivos utilizados como ayudas técnicas para lograr la posición bípeda. Esta información fue recogida de diversas fuentes, como catálogos, revistas médicas, entre otras.

Primeramente, Las ayudas técnicas se refieren a aparatos que están diseñados para ayudar a conseguir o mejorar la función para tener una mayor independencia (O'Shea, Carlson & Ramsey, 2006), es cualquier producto, instrumento, equipo o sistema técnico usado por una persona con discapacidad, fabricado especialmente o disponible en el mercado, para prevenir, compensar, mitigar o neutralizar la deficiencia. (Poveda, 2003) De esta manera, las ayudas técnicas pueden ofrecer a los niños con discapacidad motriz la oportunidad de participar más plenamente y llegar a ser más independientes en su vida diaria. (Palisano, 2007)

### 3.1 mobiliario utilizado para la bipedestación existente en el mercado

Hay una gran variedad (Ver figura 1) de bipedestadores: en supina o ventrales, en prono o dorsales. La posición prona y/o supina son instancias Intermedias para acercar al niño a la verticalidad, de tal manera que tanto la estructura ósea como muscular vayan asumiendo paulatinamente la posición vertical, así el cuerpo por su propio peso toma conciencia de sí mismo en el espacio. Los bipedestadores pueden ser estáticos y móviles, o los que pueden pasar de sentado a bipedestación (Palisano, 2007). Las sillas de ruedas de bipedestación son un tipo especial de dispositivos para ayudar a adoptar la posición bípeda a personas con movilidad limitada, o nula, de las extremidades superiores e inferiores (León, 2005).

Figura 1: Tipos de bipedestadores



Con los bipedestadores estáticos, las extremidades inferiores y por lo menos la parte baja del tronco están sujetas con firmeza con cinchas acolchadas (Gudjonsdottir, Stemmons, Mercer, 2002). El bipedestador puede estar encima de una base con ruedas, lo que permite que el niño sea transportado distancias cortas mientras está en bipedestación. A menudo, son necesarios los splints o ortesis para mejorar la alineación del tobillo y del pie, y la distribución del peso en carga (Stuberg, 1992).

En los centros de rehabilitación de Chile esta necesidad de bipedestación de los niños con discapacidad es cubierta por dispositivos artesanales basados en sistemas productivos simple, que privilegia la mano de obra, antes que el uso de maquinarias y tecnologías de punta (Ver figura 2). De los cuales pueden detectarse algunas ineficiencias del mobiliario existentes en estos centros:

- No proporcionan mayor acogida desde el punto de vista formal, no estimulan su uso.
- No poseen las medidas ergonómicas requeridas para el usuario.
- Desvinculan al usuario de su entorno inmediato, no permiten el movimiento del niño, ofreciéndoles solamente una posición, sin la posibilidad de actuar de forma independiente.

**Figura 2: Sistema empleado en los centros de rehabilitación de Chile (Beckers, 2001)**

		
	<b>MESA CAJON</b>	<b>TABLA PRONA</b>
<b>Definicion</b>	• Consiste en un cajón opaco cerrado	• Es una estructura de madera construida en forma artesanal.
<b>Estructura</b>	• se introduce al niño con su órtesis (que entrega la rigidez para bipédestar)	• Consiste en dos planos que se apoyan entre sí, logrando su estructuración bajo el principio de bisagra.
<b>Altura</b>	• La regulación de altura se logra a través de una bandeja móvil interior, que permite usar la mesa cajón para niños de diferentes alturas. Presenta una altura estándar (80 cm)	• El niño es soportado sobre el plano de uno de sus lados y consta de una base que se regula de acuerdo a su estatura.
<b>Estabilidad</b>	• La estabilidad es lograda por un gran bloque macizo en la parte inferior.	• La inclinación se obtiene variando el ángulo de abertura lo que tiene directa incidencia en la estabilidad y la ocupación espacial.

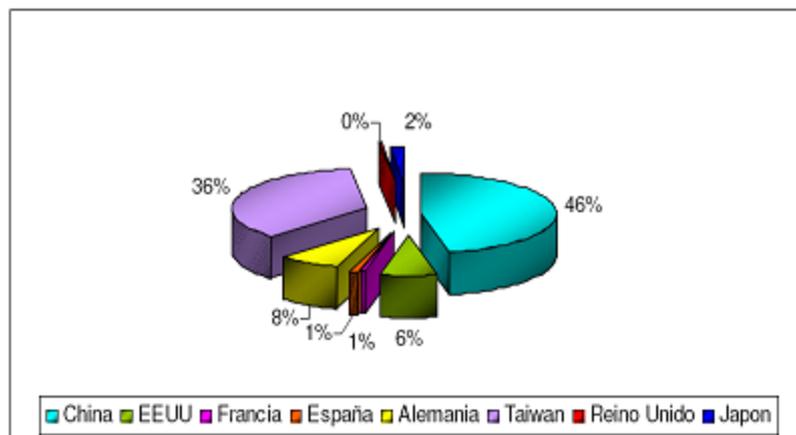
Esta última ineficiencia es la más primordial de ser atendida, pues dentro de la población de personas con discapacidad motriz existe la gran necesidad de poder moverse libremente y en forma independiente, es aquí entonces donde surge la idea de llevar a cabo proyectos de diseño de transmisión para móviles que les brinde una mejor calidad de vida.

### 3.2. Vehículos para Discapacitados Eléctricos

En los últimos años, el desarrollo científico y tecnológico en ingeniería, mecánica, electricidad, computación y robótica, le han dado un enorme impulso y desarrollo a la rehabilitación integral. Este avance significativo en nuevas tecnologías, se ha traducido, por ejemplo en la elaboración de sillas de ruedas eléctricas de alta calidad, con tecnologías desarrolladas principalmente en Estados Unidos, Europa y Asia, con los cuales se ha mejorado la calidad de vida de personas con discapacidad física, facilitándoles la integración social. Las sillas eléctricas pueden proporcionar a los niños un medio de movilidad independiente que permita una participación activa en sus vidas diarias (Bottos, Bolcati, Sciuto, Ruggeri, & Feliciangeli, 2001) Los niños pueden explorar el entorno, sentir el control, tomar decisiones y aprender de los errores (Deitz, Swinth, & White, 2002; Nilsson & Nyberg, 2003).

En Chile las importaciones de sillas de ruedas eléctricas (Ver figura 3) se realizan principalmente desde el continente asiático, específicamente desde Taiwán y China, en un porcentaje menor se realizan importaciones desde países pertenecientes a la Unión Europea y Estados Unidos. “Nuestro país por ejemplo ingresa entre un 8% y un 10% de la cantidad total de sillas de ruedas desde Alemania, donde sus marcas se han posicionado en la mente del consumidor con productos de calidad y prestigio, lo cual se ve reflejado en el precio final de los mismos” (Cárdenas, 2007) La realidad económica de Chile hace algunos años no permitía a todas las familias acceder a los últimos avances para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad.

**Figura 3: Importaciones chilenas de sillas de ruedas eléctricas mensuales. Año 2007**



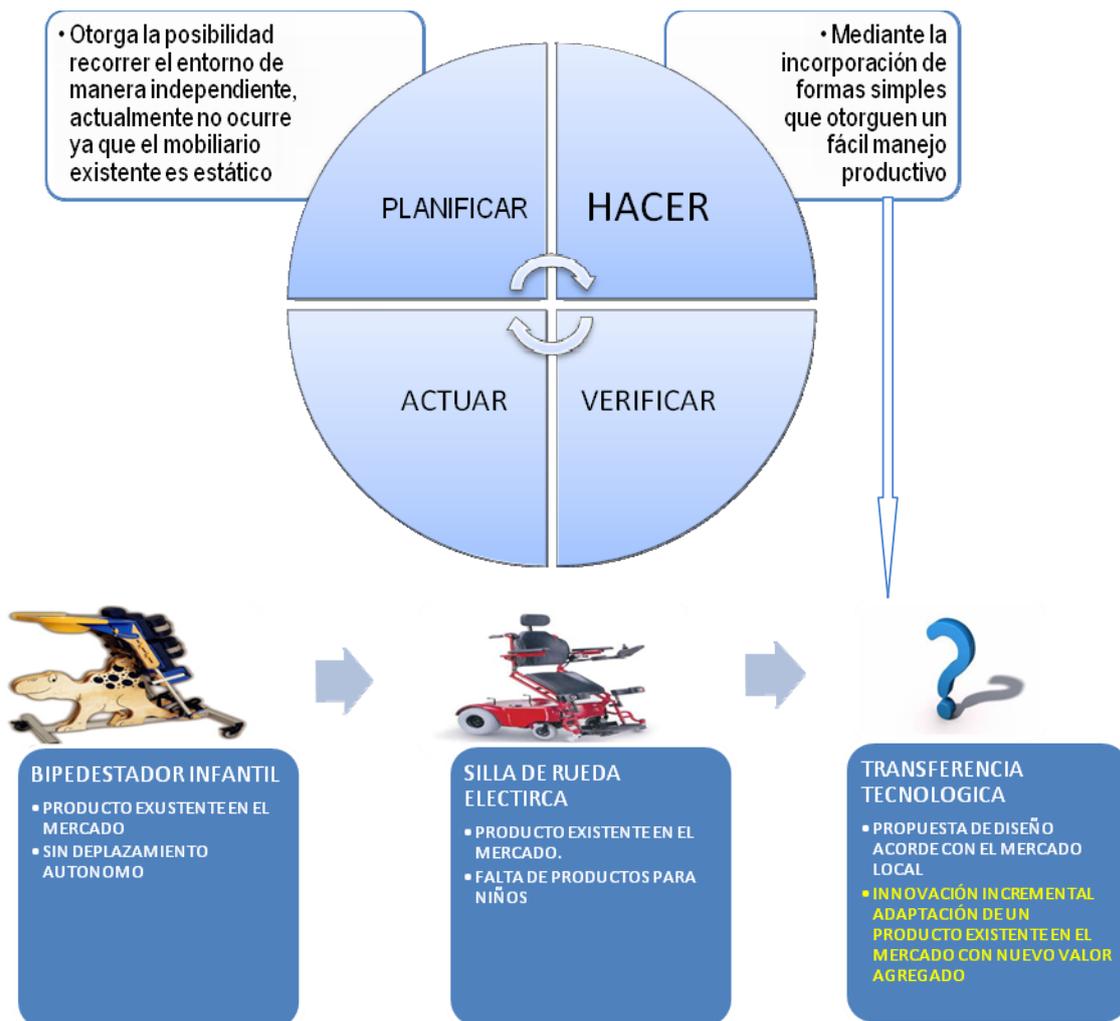
Sin embargo, los datos recogidos de las importaciones chilenas de silla de ruedas eléctricas corresponden a productos destinados para usuarios adultos, en la actualidad los dispositivos que cumplen las funciones de transporte de niños discapacitados, están concebidos desde la dependencia, es decir, consideran en ocasiones la participación de un tercero, más aún, estos dispositivos recogen al cuerpo en una posición sentada (silla de ruedas), lo que conlleva alteraciones fisiológicas, limitaciones en desplazamientos y lo más significativo condiciona las relaciones interpersonales (Beckers, 2001). Por lo tanto, se origina una oportunidad de dar respuesta a las necesidades de desplazamiento de un niño con dificultades para su auto movilidad.

## 2. Metodología

Para realizar la propuesta del bipedestador, se utilizó la metodología de mejora continua, que se define como pequeños cambios incrementales en los procesos productivos que permiten mejorar algún indicador de rendimiento (Grütter citado en Marin-García) La mejora continua está basada en el ciclo de Deming, compuesto por cuatro fases: estudiar la situación actual, recogiendo los datos necesarios para proponer las sugerencias de mejora; poner en marcha las propuestas seleccionadas a modo de prueba; comprobar si la propuesta ensayada está proporcionando los resultados esperados; e implantar y estandarizar la propuesta con las modificaciones necesarias.

La mejora continua que se lleva a cabo en los diferentes espacios de desarrollo de un producto, usualmente es conocida como innovación incremental, procesos productivos, materias primas, equipos u operaciones existentes no cambian sustancialmente, y en lo general no requieren inversiones significativamente altas, durante el proceso de diseño de la propuesta se sea realizaron las dos primeras fases del ciclo de Deming (ver figura 4), ya que las etapas siguientes requieren mayor tiempo de observación en el testeo de la propuesta por parte de los usuarios potenciales.

Figura 4: Ciclo de Deming

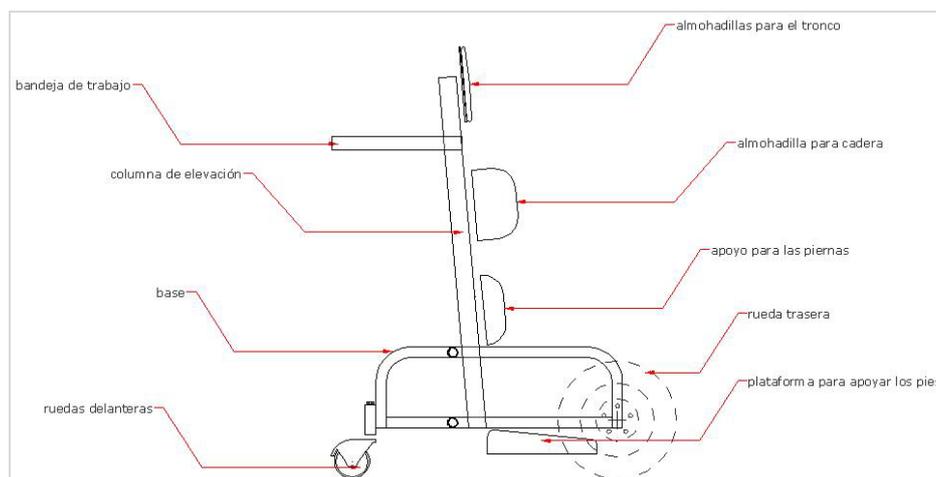


## 4.2 Requerimientos Terapéuticos

Durante el estudio realizado se han registrado, a través de la información proporcionada por usuarios y profesionales, algunos requerimientos necesarios de tomar en cuenta al momento de diseñar, por ejemplo, en los bipedestadores se necesitan materiales muy resistentes y de calidad sin que ello suponga la inaccesibilidad económica. Elementos como la sujeción de los pies se ven sometidos a grandes impactos por lo que se rompe con facilidad (ver figura 5). Es necesario materiales lavables y que el bipedestador adopte diferentes inclinaciones con un sistema de ajuste fácil y seguro (Poveda, 2003). También es importante considerar lo siguiente:

- Igual de carga del peso en cada pie.
- Columna vertebral alineada
- Uso de órtesis en los tobillos, rodillas y en otras partes del cuerpo si es necesario.
- Uso de elementos como arnés, calzón abductor y sujeta pies.
- Pies apoyados en superficie a 90°

**Figura 5: Componentes de un bipedestador**



Debido a que el producto en estudio atiende a un mercado reducido en Chile, la información no se encuentra disponible fácilmente y que requiere de especificaciones muy claras en cuanto al producto, por ende, se realizó la recopilación de datos sobre las dimensiones de los artefactos presentes en el mercado, en el que se estudiaron distintos bipedestadores estáticos y que abarcaban un rango de edad desde los 9 meses hasta los 12 años de edad (Ver: figura 6, tabla 3). También fue necesario recopilar datos sobre antropometría de niños correspondiente al mismo rango etario. (Ver tabla 4).

**Tabla 3: Dimensiones bipedestadores para niños de 9 meses a 12 años**

En mm.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	<
Min.	580	350	700	510	310	160	500	460	140	20°
Max.	900	420	1300	1100	710	560	600	560	350	90°

Figura 6: Dimensiones antropométricas en los bipedestadores.

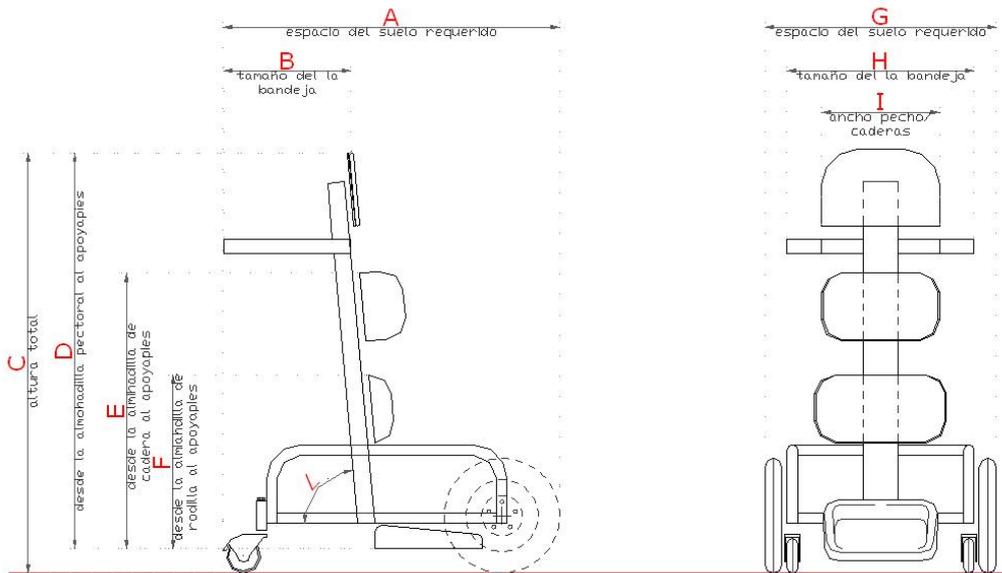


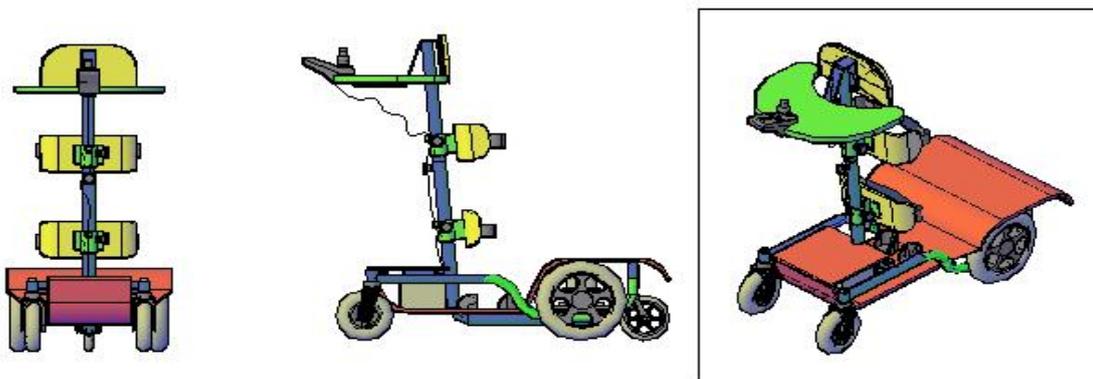
Tabla 4: medidas antropométricas niño de 9 meses a 7 años

	EDAD									
	Meses				Años					
En cm	9	12	18	24	2	3	4	5	6	7
Altura	74	80	86	92	92	98	104	110	116	
Largo pie	11,7	12,5	13,3	13,6	14,3	16,7	17,6	18,6	19,6	20,6
Cintura					57		62		67	

5. Propuesta

En este apartado se presentan las especificaciones técnicas principales del móvil en cuanto a su estructura y funcionalidad. Se describen las diferentes partes que conforman el diseño, tanto en lo que respecta a la funcionalidad del mismo, como a detalles más específicos de los aspectos electrónicos y mecánicos. El diseño completo de la propuesta fue realizado utilizando la herramienta computacional AUTOCAD (ver figura 7) y consta de dos fases principales: la primera corresponde al sistema mecánico y la segunda al sistema eléctrico.

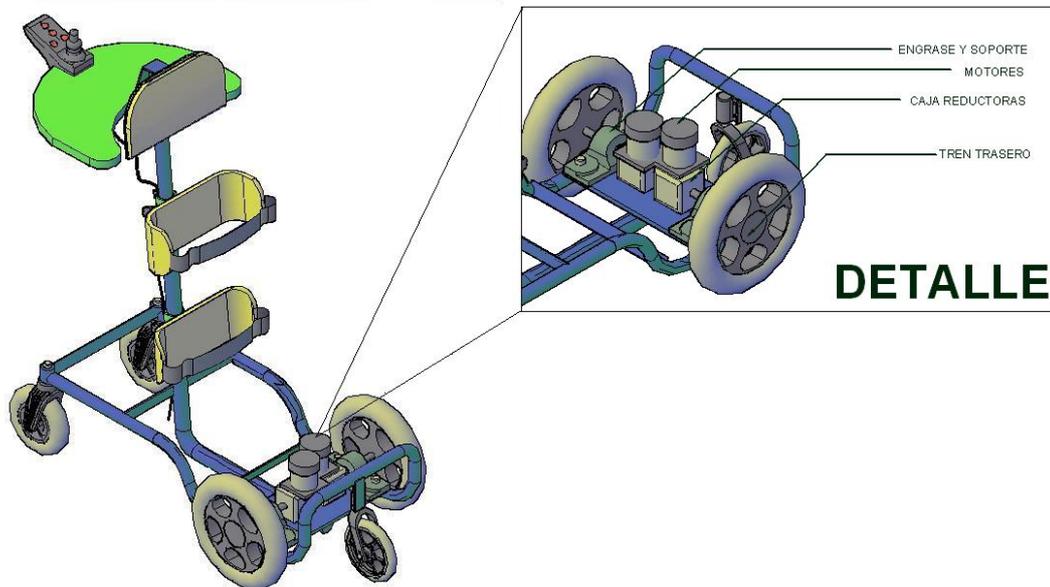
Figura 7: Vista frontal, lateral e isométrica de la propuesta.



### 5.1 sistema mecánico

*El chasis:* del mismo corresponde a una estructura de hierro galvanizado formada por perfiles tubulares de sección circular de 3 a 4 cm de diámetro, con 3 mm de espesor de pared. Esta estructura es la que en definitiva envuelve el grupo motriz y sostiene en general todo el armazón. (Ver figura 8)

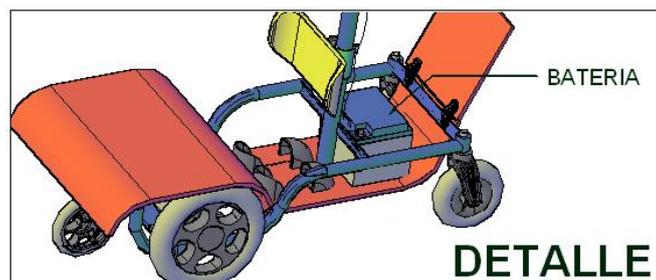
**Figura 7: chasis de la propuesta y detalle transmisión del móvil.**



### 5.2 sistema eléctrico

*Batería.* La alimentación del móvil es responsabilidad de una batería de ciclo profundo de 12 Volt y 34 Ah, caracterizadas por permitir su descarga de forma completa y volverse a cargar sin que se dañen a diferencia de las baterías comunes existentes, como por ejemplo las de plomo ácido utilizadas habitualmente en los automóviles, las que al descargarse o agotarse completamente se van deteriorando cada vez más.

**Figura 8: Compartimiento para batería**

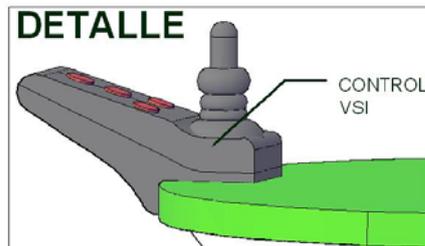


*Motor.* El accionamiento necesario para el movimiento recae en dos motores de corriente continua, de 350 Watt y 12Volt cada uno y de imán permanente. La corriente consumida por los motores en operación dependiendo de la exigencia sometida por el usuario, el rango de operación 15-25 [A].

*Control.* La idea de este recurso es proporcionar el mayor grado de control del usuario sobre los movimientos de la plataforma con el mínimo esfuerzo posible, teniendo en consideración las escasas posibilidades motrices de los eventuales usuarios. En forma sencilla se logran transmitir órdenes electrónicas de alto nivel, independizando a la persona en su conducción

con un control absoluto de su entorno. Además, el elemento actuador recae en dos convertidores DC/DC, cuya configuración permite el retroceso del móvil.

**Figura 9: Comando**



## 6. Conclusiones

En relación con la propuesta de diseño del bipedestador presentado en este trabajo, se concluyó que posibles realizar cambios en el prototipo actual que permitan obtener un modelo más competitivo en el mercado y con mayor proyección.

- Diseño final muy compacto. Ventaja a la hora de maniobrar en espacios reducidos, sin embargo se puede mejorar.
- La inclinación de la columna de elevación podría mejorarse, adopte diferentes inclinaciones a través de un mecanismo sin aumentar los costos.

Dentro de las ventajas se encuentra que:

El chasis fue creado a partir de formas tubulares sencillas, además del bajo costo de los materiales.

Repuestos fáciles de hallar en el mercado nacional.

Para finalizar, el presente trabajo deja en manifiesto que es posible dar respuestas apropiadas a las necesidades específicas de los discapacitados y brindar un apoyo para su integración. De esta manera se entiende que el rol del diseño en la sociedad es satisfacer las necesidades de todos, sin ningún tipo de discriminación. En esta visión el diseño de objetos para discapacitados, implica entender el conjunto tecno-industrial y económico propio de cada realidad, esta realidad ligada a los países periféricos; implica un doble esfuerzo: encontrar una solución que sea propia a las condiciones y exigencias de un contexto determinado, logrando adecuarse a los procesos de mercado y de uso, que desde la discapacidad exige una alta respuesta funcional.

## Referencias

- Beckers, A., Morales, J. "Diseño para la Discapacidad en Chile, Una Propuesta de Diseño Apropiado" Universidad José Santos Ossa de Antofagasta, Congreso Iberoamericano IBERDISCAP, Madrid, 2001.
- Bottos, M., Bolcati, C., Sciuto, L., Ruggeri, C. & Feliciangeli A., *Powered wheelchairs and independence in young children with tetraplegia. Developmental Medicine & Child Neurology*, 43, pp. 769-777. 2001.
- Cárdenas M.A., *Tesis: Alternativas de Producción e Integración al Mercado de un Móvil para Personas con Discapacidad*. Facultad de Ingeniería Ciencias y Administración. Departamento Ingeniería de Sistemas. Universidad De La Frontera, 2007.
- Cares, P., *Tesis: Silla de ruedas dual, posibilitando la sedestación y la bipedestación infantil*, Universidad Católica de Temuco, Escuela de Diseño, Chile, 2005.
- Deitz, J., Swinth, Y., & White, O., Powered mobility and preschoolers with complex developmental delays. *The American Journal of Occupational Therapy*, vol.56, pp. 86-96. 2002.
- Gudjonsdottir, B., & Stemmons-Mercer, V. Effects of a dynamic versus a static prone stander on bone mineral density and behavior in four children with severe cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*, vol. 14, pp. 38-46. 2002
- León, *Tesis Doctoral: Metodología para la Detección de Requerimientos Subjetivos en el Diseño de Producto*, Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona, España, 2005
- Marin-Garcia J. A., Pardo del Val M., Bonavía T., *La Mejora Continua como Innovación Incremental: El Caso de una Empresa Industrial Española*. Economía industrial, vol 368, pp 155-167. 2008.
- Nilsson, L.M., & Nyberg, P.J. Driving to Learn: A new concept for training children with profound cognitive disabilities in a powered wheelchair. *The American Journal of Occupational Therapy*, vol. 57, pp. 229-233. 2003
- Nuñez-Samper M. & Llanos L.F., *Biomecánica: Medicina y Cirugía del Pie*, Ed. Elsevier, Barcelona, (2º edición) 2007.
- O'Shea R.K., Carlson, S.J., & Ramsey, C. *Assistive Technology*. In Campbell, S.K., Vander Linden, D.W. & Palisano, R.J. (editors): *Physical Therapy for Children*, St. Louis: Saunders Elsevier, p. 983. 2006
- Palisano R.J., Lally K. *Mejora de la condición física, adaptación de la función motora y participación de los niños con Parálisis Cerebral clasificados en los niveles IV y V*. Sociedad Española de Fisioterapia en Pediatría (Traducida y adaptado por: Rut Barenys). 2007.
- Poveda, *¿Cómo obtener productos con alta usabilidad? Guía práctica para fabricantes de productos de la vida diaria y ayudas técnicas. Proyecto de Diseño de Ayudas Técnicas bajo criterios de Usabilidad (DATUS)* Instituto de Biomecánica de Valencia y Fundación CEDAT, España, 2003
- Reyes, M.L. Impacto del Uso de Estimuladores Mecánico en Niños con Discapacidad Motora en Osteopenia, Desempeño Neurológico, Índice Costo-Efectividad y Calidad de Vida. Pontificia Universidad Católica de Chile, 2005.
- Stuberg, W.A. Considerations related to weight-bearing programs in children with developmental disabilities. *Physical Therapy*, vol. 72, pp. 35-40. 1992

**Correspondencia** (Para más información contacte con):

Nelso Aros Oñate  
Universidad de la Frontera (Chile)  
Teléfono: +56 (45) 325520  
E-mail: [naros@ufro.cl](mailto:naros@ufro.cl)